



Рис. 2. Блок-схема економіко-математичної моделі використання підземного простору міста

### Література

1. Варезкин, В. А. Экономика архитектурного проектирования и строительства [Текст] : учебник для вузов / В. А. Варезкин, В. С. Гребенкин, Л. И. Киришечкина и др.; под ред. В. А. Варезкина. — М.: Стройиздат, 1990. — 272 с.
2. Шубин, Л. Ф. Архитектура гражданских и промышленных зданий [Текст] : учебник для вузов / Л. Ф. Шубин // Промышленные здания. В 5 томах, т. 5. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1986. — 335 с.
3. Кривицький, А. Ф. Формування і розвиток територіально-виробничого комплексу міста (За матеріалами міста Луцька) [Текст] : монографія / А. Ф. Кривицький, В. І. Павлов — Луцьк : Надстир'я, 1997. — 126 с.
4. Габрель, М. М. Просторова організація містобудівних систем [Текст] / М. М. Габрель; Інститут регіональних досліджень НАН України. — Київ: Видавничий дім А. С. С., 2004. — 400 с.
5. Габрель, М. М. До зміни парадигми в просторовій організації суспільства [Текст] : зб. наук. пр. / М. М. Габрель; Інститут регіональних досліджень НАН України; відп. ред. академік НАН України М. І. Долішній // Соціально-економічні дослідження в перехідний період. Сталий розвиток та екологічна безпека (регіональна політика). — Вип. XX.
6. Губина, М. В. Основы градостроительного мониторинга и менеджмента [Текст] : учебное пособие / М. В. Губина. — Київ : ВИРА. — 2002. — 248 с.
7. Лукьяненко, А. А. Градообслуживающая коммунальная сфера: теория и практика обеспечения устойчивого развития [Текст]: монография / А. А. Лукьяненко; Институт экономико-правовых исследований НАН Украины. — Донецк: ООО «Юго-Восток», 2007. — 209 с.
8. Бойко, Є. І. Методи і моделі просторового розвитку територіально-виробничих систем [Текст] : монографія / Є. І. Бойко, В. Б. Войцеховський, Ф. А. Важинський, М. П. Горин; Інститут регіональних досліджень НАН України. — Львів, 2007 — 212 с.
9. Ходжаев, Д. Г. Экономические и социальные проблемы регулирования развития городов на современном этапе [Текст] / Д. Г. Ходжаев // Расселение населения и размещение производства. — Москва, 2005. — С. 22–28.
10. Федан, Р. Цілі і функції просторового планування в умовах адміністративно-територіального устрою Польщі [Текст] / Р. Федан, Е. Малісевич // Регіональна економіка. — Львів, 2007. — № 4. — С. 187–192.

### ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ ГОРОДА ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ РАЗВИТИЯ ЕГО ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

В предоставленной научной статье делается акцент на возникшей необходимости поиска дополнительного пространства города. Изучаются недостатки городской урбанистики и, как их решение, описываются преимущества комплексного использования подземного пространства. Определены эффект и эффективность использования подземного пространства, как альтернативного средства комплексного городского пространственного развития.

**Ключевые слова:** пространственное развитие города, подземная урбанистика, пространственные подсистемы, стратегия развития пространства.

**Матвійчук Тетяна Олександрівна**, кандидат економічних наук, старший викладач кафедри менеджменту та маркетингу, Луцький національний технічний університет, Україна, e-mail: [matviychuk.tanya@gmail.com](mailto:matviychuk.tanya@gmail.com).

**Матвийчук Татьяна Александровна**, кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры менеджмента и маркетинга, Луцкий национальный технический университет, Украина.

**Matviichuk Tetiana**, Lutsk National Technical University, Ukraine, e-mail: [matviychuk.tanya@gmail.com](mailto:matviychuk.tanya@gmail.com)

УДК 656.614.071: 629.047

Москвіченко І. М.,  
Стаднік В. Г.

## СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ВИБІРКОВОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ ВАНТАЖУ В ПОРТУ

У статті розглядається питання про можливість застосування методів вибіркового контролю у сфері надання матеріальних послуг, зокрема в діяльності транспортно-експедиторських компаній. Показано приклад їх застосування в конкретній ситуації а також була визначена роль експедитора та комерційний інтерес перевізника.

**Ключові слова:** методи вибіркового контролю, транспорт, перевізник, сюрвейєрське обстеження, підвищення якості продукції.

## 1. Вступ. Постановка проблеми

Добре відомо, що методи статистичного вибіркового контролю служать ефективним методом підвищення якості продукції, що випускається, на промислових підприємствах. Вони також лежать в основі сучасних систем управління якістю продукції, наприклад, системи Total Quality MANAGEMENT-TQM [1–4]. Тому виникає питання про можливість застосування методів вибіркового контролю у сфері надання матеріальних послуг [5], перш за все, в логістиці і на транспорті, а також в діяльності експедиторських компаній. Надання транспортно-експедиторських послуг, наприклад, певною мірою аналогічно виробництву масової продукції в промисловості, оскільки ці послуги багато разів повторюються протягом заданого проміжку часу.

## 2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

У роботах [6, 7] продемонстрована принципова можливість використання методів вибіркового контролю в діяльності морського порту для оцінки технічного стану вантажу, занурюваного на судно по складському варіанту. Об'єктивно портовий оператор і перевізник зацікавлені в отриманні по можливості повної і достовірної інформації про технічний стан перенавантажувача вантажу. Така інформація необхідна для вирішення на користь порту ряду конфліктних ситуацій, що виникають між оператором портового терміналу і перевізником (або між перевізником і вантажовласником) і стосуються відповідальності за збереження вантажу.

Як приклад можна вказати наступну ситуацію: перевізник (капітан судна) перед початком вантаження тарно-штучного вантажу на судно повинен розташовувати якомога повнішою інформацією про технічні і фізичні характеристики вантажу для того, щоб при прийомі його вантажоодержувачем в порту вивантаження обмежити свою відповідальність за збереження вантажу протягом рейса. Для отримання вказаної інформації перевізник удається до послуг незалежної сюрвейерської компанії. В результаті обстеження сюрвейером вантажних партій капітан судна отримує звіт, в якому міститься докладна інформація про виявлені дефекти і служить офіційним документом при взаєморозрахунках перевізника з вантажоодержувачем. Оскільки повне і усестороннє обстеження всього вантажу, занурюваного на судно, неможливе через фінансові і тимчасові обмеження, то виникають завдання, схожі з тими, які вирішуються методами вибіркового контролю.

У вищеописаній ситуації роль експедитора може зводитися до наступних моментів:

- забезпечення контролю за збереженням вантажу, що приймається портом від залізниці, вивантажуваного зі складу на судно і вивантажуваного в порту призначення;
- контроль за організацією і часом виконання сюрвейерського обстеження.

Комерційний інтерес перевізника тут виявляється шляхом порівняння витрат на сюрвейерське обстеження занурюваного на судно вантажу і штрафу за бракований вантаж, що стягується з нього вантажоодержувачем в порту вивантаження, з одного боку, і економії на вказаних штрафах, досягнутій за рахунок отримання інформації про стан занурюваного вантажу від сюрвейєра, з іншого боку.

## 3. Мета дослідження

Таким чином, завдання зводиться до кількісної оцінки вказаних витрат і економії. При цьому і витрати, і економія істотно залежать від прийнятого плану вибіркового контролю вантажу.

## 4. Основні результати дослідження

Перейдемо до формалізації поставленого завдання.

Вважатимемо, що на портовому терміналі для вантаження на судно є  $R$  типів тарно-штучних вантажів (наприклад, металовиробів) в кількостях відповідно  $N_1, N_2, \dots, N_R$ . Прийmemo, що вірогідність того, що довільно вибрана вантажна одиниця  $r$ -го типу має дефект (отриманий на заводі або під час перевезення від заводу в порт), рівна  $p_r$ . Вірогідність  $p_1, p_2, \dots, p_R$  може бути знайдена за допомогою обробки численних статистичних даних за минулий період.

У теорії статистичного вибіркового контролю розподіл числа дефектних виробів  $r$ -го вигляду  $D_r$  в партії з  $N_r$  виробів зазвичай приймається біноміальним, тобто

$$P\{D_r = k\} = C_{N_r}^k p_r^k q_r^{N_r - k}, \quad k = 0, 1, \dots, N_r, \quad (1)$$

де  $q_r = 1 - p_r$  — вірогідність відсутності браку в одиниці вантажу  $r$ -го типу. Біноміальний закон розподілу випадкової величини  $D_r$  є наслідком гіпотези про незалежні один від одного перевірки виробів на наявність у них дефекту.

Випадкові величини  $D_1, D_2, \dots, D_R$  вважатимемо взаємно незалежними.

Для знаходження статистичних (очікуваних) оцінок реалізацій випадкових величин  $D_1, D_2, \dots, D_R$  проводиться сюрвейерське обстеження частини вантажних одиниць. Позначимо  $n_r$  число вантажних одиниць вантажу  $r$ -го вигляду, що підлягають обстеженню. В термінах математичної статистики  $n_r$  — це об'єм вибірки.

Згідно методам класичної теорії вірогідності, умовний розподіл числа дефектних вантажних одиниць  $r$ -го типу у вибірці ( $d_r$ ) є гіпергеометричним за умови, що  $D_r = k$  [1, 2]:

$$P\{d_r = i | D_r = k\} = \frac{C_k^i C_{N_r - k}^{n_r - i}}{C_{N_r}^{n_r}}, \quad i = 0, 1, \dots, \min(k, n_r). \quad (2)$$

З властивостей біноміального розподілу виходить, що [8, 9]

$$\begin{aligned} MD_r &= N_r p_r, \\ DD_r &= N_r p_r q_r, \end{aligned} \quad (3)$$

де  $M$  — символ математичного очікування;  $D$  — символ дисперсії.

Можна також показати, що безумовний розподіл випадкової величини  $d_r$  також є біноміальним [6]. Дійсно

$$\begin{aligned} P\{d_r = i\} &= \sum_{k=i}^{N_r - n_r + i} C_{N_r}^k p_r^k q_r^{N_r - k} \frac{C_k^i C_{N_r - k}^{n_r - i}}{C_{N_r}^{n_r}} = \\ &= C_{N_r}^i p_r^i q_r^{n_r - i} \sum_{k=i}^{N_r - n_r + i} C_{N_r - n_r}^{k-i} p_r^{k-i} q_r^{N_r - n_r - k + i} = \\ &= C_{N_r}^i p_r^i q_r^{n_r - i}, \quad i = 0, 1, \dots, n_r. \end{aligned}$$

Звідси, зокрема, витікає, що (3)

$$\begin{aligned} Md_r &= n_r p_r, \\ Dd_r &= n_r p_r q_r. \end{aligned} \quad (4)$$

Задача полягає у визначенні такого плану вибіркового контролю  $(n_1, n_2, \dots, n_R)$ , який був би ефективний в якому-небудь певному сенсі (цей план визначається до початку обстеження вантажу).

Припустимо, що вартість обстеження однієї вантажної одиниці  $r$ -го типу рівна  $\alpha_r$ , а за невиявлену дефектну вантажну одиницю  $r$ -го вигляду перевізник платить вантажоодержувачеві в порту вивантаження штраф в розмірі  $\beta_r$ .

Найбільш несприятлива для перевізника ситуація буде тоді, коли вантажоодержувач в порту призначення піддасть весь вивантажуваний вантаж перевірці на предмет наявності дефектних одиниць вантажу (за виятком виявлених сюрвейсером таких в порту вантаження в кількостях  $d_1, d_2, \dots, d_R$ ). У такому разі сумарний виграш перевізника складе різницю між економією на штрафі по виявлених при обстеженні дефектних одиниць вантажу і витратами на вибіркоче обстеження і виплату можливих штрафів в порту вивантаження вантажоодержувачеві. Іншими словами, вказаний виграш рівний

$$\begin{aligned} \Omega &= \sum_{r=1}^R [\beta_r d_r - \alpha_r n_r - \beta_r (D_r - d_r)] = \\ &= \sum_{r=1}^R (2\beta_r d_r - \alpha_r n_r - \beta_r D_r). \end{aligned} \quad (5)$$

З обліком (1, 2) середній виграш буде рівний

$$M\Omega = \sum_{r=1}^R [n_r (2p_r \beta_r - \alpha_r) - N_r p_r \beta_r]. \quad (6)$$

Вираз (6) має сенс максимізувати тільки за умов

$$\alpha_r < 2p_r \beta_r, \quad r = 1, 2, \dots, R.$$

Обчислимо також дисперсію випадкової величини  $\Omega$  з урахуванням того, що сумісний розподіл випадкових величин  $d_r$  і  $D_r \in (1, 2)$

$$\begin{aligned} P\{D_r = k, d_{r-1} = i\} &= C_{N_r}^k p_r^k q_r^{N_r-k} \frac{C_k^i C_{N_r-k}^{n_r-i}}{C_{N_r}^{n_r}}, \\ i &= 0, 1, \dots, \min(k, n_r); \quad k = 0, 1, \dots, N_r. \end{aligned}$$

З (5) використовуючи властивості дисперсії, знаходимо

$$\begin{aligned} D\Omega &= \sum_{r=1}^R D(2\beta_r d_r - \beta_r D_r) = \sum_{r=1}^R \beta_r^2 D(2d_r - D_r) = \\ &= \sum_{r=1}^R \beta_r^2 [M(2d_r - D_r)^2 - (2Md_r - MD_r)^2] = \\ &= \sum_{r=1}^R \beta_r^2 [4Md_r^2 - 4Md_r D_r + MD_r^2 - (2Md_r - MD_r)^2]. \end{aligned} \quad (7)$$

В силу (1, 2)

$$\begin{aligned} Md_r^2 &= n_r p_r (q_r + n_r p_r), \\ MD_r^2 &= N_r p_r (q_r + N_r p_r). \end{aligned} \quad (8)$$

Величина  $MD_r d_r$  обчислена в роботі [6], її значення є

$$MD_r d_r = n_r p_r (N_r p_r + q_r). \quad (9)$$

Підставляючи значення (8, 9) в праву частину виразу (7), після елементарних перетворень знайдемо

$$\begin{aligned} D\Omega &= \sum_{r=1}^R \beta_r^2 [4n_r p_r (q_r + n_r p_r) - 4n_r p_r (N_r p_r + q_r) + \\ &+ N_r p_r (q_r + N_r p_r) - p_r^2 (2n_r - N_r)^2] = \sum_{r=1}^R \beta_r^2 N_r p_r q_r. \end{aligned} \quad (10)$$

Позначимо через  $v_r$  продуктивність сюрвейсерів при обстеженні вантажних одиниць  $r$ -го типу, а через  $T$  — час, виділений для обстеження всього вантажу. Якщо сюрвейсер проводить обстеження послідовно за кожним типом вантажу, то загальний час його роботи буде

$$\sum_{r=1}^R \frac{n_r}{v_r}.$$

Цей час не повинен перевищувати величину  $T$ , тобто план обстеження повинен задовольняти умові

$$\sum_{r=1}^R \frac{n_r}{v_r} \leq T. \quad (11)$$

Тепер можна сформулювати наступне задачу визначення оптимального плану вибіркового контролю вантажу: *знайти такі величини  $n_1, n_2, \dots, n_R$ , що задовольняють умові (11) і природним умовам*

$$1 \geq n_r \leq N_r, \quad r = 1, 2, \dots, R, \quad (12)$$

щоб величина (6) прийняла максимальне значення.

Оскільки  $\Omega$  є випадкова величина, то при реалізації плану контролю можливі випадкові відхилення виграшу від середнього значення, тобто виникає ризик недосягнення бажаної мети оптимізації. Для уникнення цього можна ввести ще одне обмеження, що стосується коефіцієнта варіації виграшу перевізника, визначуваного відношенням

$$\frac{\sqrt{D\Omega}}{M\Omega}.$$

У ризик-менеджменті встановлена наступна якісна оцінка різних значень коефіцієнта варіації економічного результату [10]:

- до 0,1 — слабка коливаємість;
- 0,1 ÷ 0,25 — помірна коливаємість;
- 0,25 — висока коливаємість.

Використовуючи вирази (6) і (10), вказане обмеження може бути узятє, наприклад, таким:

$$\left( \sum_{r=1}^R \beta_r^2 N_r p_r q_r \right)^{1/2} \leq 0,25 \left\{ \sum_{r=1}^R [n_r (2p_r \beta_r - \alpha_r) - N_r p_r \beta_r] \right\}. \quad (13)$$

Це обмеження встановлює допустиме мінімальне значення для очікуваного виграшу, тобто для  $M\Omega$ .

У разі, коли умови

$$\alpha_r < 2p_r \beta_r, \quad r = 1, 2, \dots, R$$

порушуються, можна сформулювати, наприклад, наступне завдання дискретної оптимізації: *знайти план вибіркового обстеження*  $(n_1, n_2, \dots, n_R)$ , який задовольняє умовам (12), імовірнісному обмеженню

$$P\left\{\sum_{r=1}^R [\alpha_r n_r + \beta_r (D_r - d_r)] \leq C\right\} \geq 1 - \varepsilon \quad (14)$$

і забезпечував би мінімальне значення часу обстеження

$$\sum_{r=1}^R \frac{n_r}{v_r}.$$

У (14)  $C$  — гранично допустимі витрати перевізника, на які б він погодився піти при перевезенні вантажу з можливим дефектом;  $\varepsilon$  — задана мала вірогідність ( $\varepsilon = 0,05 \div 0,1$ ).

Відзначимо, що закон розподілу випадкової величини

$$\sum_{r=1}^R \beta_r (D_r - d_r)$$

може бути знайдений як згортка розподілів взаємно незалежних величин  $\beta_r (D_r - d_r)$ . Сумісний же розподіл випадкових величин  $D_r$  і  $d_r$  задано формулами (1), (2).

Обидва приведені задачі дискретної оптимізації можуть бути вирішені за допомогою пакету програм Excel (опція «Пошук рішення»).

## 5. Висновки

На закінчення можна зробити такі висновки. Розглянуті вище методи вибіркового контролю стану вантажу в порту можуть виявитися корисними в практичній діяльності експедиторських компаній. Використання цих методів дозволять звести к мінімуму ризики, пов'язані з відповідальністю перевізника за збереження вантажу і таким чином підвищити якість управління процесом перевезень вантажів.

## Література

1. Begg, D. Economics [Text] / D. Begg, S. Fischer, R. Dornbusch. — London: McGraw-Hill Book Company, 1991. — 667 p.
2. Varian, H. R. Intermediate Microeconomics. A Modern Approach [Text] / H. R. Varian. — New York: W. W. Norton & Company, 1993. — 623 p.
3. Broody, M. Helping Workers Work Smarter [Text] / M. Broody // Fortune. — June 8 1987. — P. 86–88.
4. Статистические методы повышения качества [Текст] : пер. с яп. / под ред. Х. Кумэ. — М.: Финансы и статистика, 1990. — 301 с.
5. Ильенкова, С. Д. Управление качеством [Текст] : учебник / С. Д. Ильенкова, Н. Д. Ильенков, В. С. Мхитарян и др. — М.: ЮНИТИ, 2001. — 199 с.
6. Постан, М. Я. Об одном методе построения оптимального плана выборочного контроля состояния груза в порту [Текст] : зб. наук. праць / М. Я. Постан, И. В. Подчинок // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем. — Одеса: ОНМУ, 2004. — Вип. 7. — С. 5–17.
7. Подчинок, И. В. Сравнительный анализ различных планов выборочного контроля состояния груза в порту [Текст] / И. В. Подчинок // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. — Одеса: ОНМУ, 2005. — Вип. 9. — С. 113–122.
8. Беляев, Ю. К. Вероятностные методы выборочного контроля [Текст] / Ю. К. Беляев. — М.: Наука, 1975. — 407 с.
9. Гнеденко, Б. В. Математика и контроль качества [Текст] / Б. В. Гнеденко // Математика и кибернетика. — М.: Знание, 1978. — № 11. — 64 с.
10. Балабанов, Н. Т. Риск-менеджмент [Текст] / Н. Т. Балабанов. — М.: Финансы и статистика, 1996. — 188 с.

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЫБОРОЧНОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ГРУЗА В ПОРТУ

В статье рассматривается вопрос о возможности применения методов выборочного контроля в сфере оказания материальных услуг, в частности в деятельности транспортно-экспедиторских компаний. Приведен пример их использования в конкретной ситуации а также была определена роль экспедитора та коммерческий интерес экспедитора.

**Ключевые слова:** методы выборочного контроля, транспорт, перевозчик, сюрвеерское обследование, повышение качества продукции.

**Москвиченко Ирина Михайлівна**, кандидат економічних наук, доцент, кафедра «Менеджмент і маркетинг на морському транспорті», Одеський національний морський університет, Україна, e-mail: stad-nik@mail.ru.

**Стадник Вікторія Григорівна**, старший викладач, кафедра «Менеджмент і маркетинг на морському транспорті», Одеський національний морський університет, Україна, e-mail: stad-nik@mail.ru

**Москвиченко Ирина Михайловна**, кандидат экономических наук, доцент, кафедра «Менеджмент и маркетинг на морском транспорте», Одесский национальный морской университет, Украина.

**Стадник Виктория Григорьевна**, старший преподаватель, кафедра «Менеджмент и маркетинг на морском транспорте», Одесский национальный морской университет, Украина.

**Moskvichenko Irina**, Odessa National Maritime University, Ukraine, e-mail: stad-nik@mail.ru.

**Stadnik Victoria**, Odessa National Maritime University, Ukraine, e-mail: stad-nik@mail.ru